

補助事業番号 2021M-127

補助事業名 2021年度 非定型研磨作業の自動化を可能にするロボット研磨システムの開発

補助事業者名 慶應義塾大学 理工学部 システムデザイン工学科 柿沼 康弘

1 研究の概要

【非定型研磨作業の自動化を可能にするロボット研磨システムの開発】

大型複雑形状の金型研磨や航空機部品の補修研磨は形が定まらない非定型作業のため、ほとんど自動化が進んでおらず人間の作業に依存している。研究代表者は、ロボット研磨の自動化を目指し、①駆動系のサーボ情報から加工力を高精度に推定して、これをフィードバックすることで微妙な力加減まで制御するセンサレス加工力制御技術と②モード空間上で機能分離して研磨力と工具姿勢を同時に制御することで熟練研磨技術を再現する技術を開発してきた。本事業ではこれら技術シーズを統合・拡張し、既存のロボット技術と融合して、非定型作業である研磨工程の自動化を可能にするロボット研磨システムを開発した。これに加え、除去量と傷間隔を一定に保つ研磨制御法を開発したことで、曲面の荒研磨を自動で行うことに成功した。開発したロボット研磨システムは、既存の産業用ロボットをベースにおき、非定型研磨の自動化に必要な機能モジュールを段階的に付与することで、拡張性や汎用性を高める工夫をしている点に特徴がある。本技術により、ロボットによる24時間体制での自動研磨が可能になり、生産性が飛躍的に向上することが期待される。

2 研究の目的と背景

研磨作業者の減少を理由に、人間に代わり非定型研磨作業を実施できるロボット研磨システムの開発が望まれている。本事業で提案する研磨力、工具回転と姿勢、運動軌跡を同時制御するロボット研磨システムにより、複雑形状の金型部品を自動で研磨できることを証明するとともに、人間による研磨作業より高い研磨品質を実現することを目的とする。



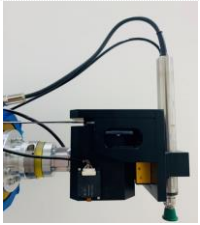
3 研究内容

人間に代わり非定型研磨作業を実行可能なロボット研磨システムを開発するために、以下の2項目を実施した。

1. 研磨力と工具回転を同時制御する高機能研磨モジュールの開発
2. 多関節ロボットと高機能研磨モジュールを連携したロボット研磨システムの開発: ロボットCAMにより生成された多関節ロボットの運動軌跡に応じて、上記高機能研磨モジュールが研磨力や工具回転を制御することで非定型研磨作業を自動実行するシステムを開発した。

(http://ams.sd.keio.ac.jp/app-def/S-102/KKlab_hp/machine_learning/)

写真

1	2	3
		
キャプション:ロボット研磨	キャプション:粗研磨結果	キャプション:研磨モジュール

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で開発したロボット研磨システムは、これまで誰も成しえていない非定型研磨作業の自動化を実現するものである。本研究成果は以下の点で実社会に貢献すると考えている。

- 複雑部品の研磨作業を24時間体制で実施することが可能になり、金型製造の生産性向上に寄与する。また、残業低減など仕事環境の改善に貢献する。
- 後継者問題が深刻なものづくり中小企業にロボット導入の選択肢を与える。ロボット技術者やロボットオペレータの需要の拡大、ロボット産業の活性化に貢献する。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

「五感を持つ工作機械，人間を超える加工システム」の開発を目指し，研究を進めている。主として，切削加工を対象とした工作機械におけるプロセスモニタリングやプロセス制御の研究を実施している。また，これと並行して機械加工の中でも繊細な力加減を必要とする研磨加工の自動化に関する研究開発を進めてきた。これまではオリジナルのロボットを開発して，熟練者の技術を抽出して再現させるアプローチをとってきたが，本研究ではCAMや既存のロボットとの親和性に重点をおき，ロボット研磨の自動化に挑戦した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. Y. Kakinuma, S. Ogawa, K. Koto, Robot polishing control with an active end effector based on macro-micro mechanism and the extended Preston's law, CIRP Annals, Vol. 71, No. 1 (2022) in press.
2. S. Ogawa, T. Tsukada, K. Koto and Y. Kakinuma, "Enhancement of Force Control Performance of Macro-Micro System Based Polishing Robot with Gravity Compensation", Manufacturing Science and Engineering Conference, (MSEC2021), Cincinnati, USA (2021-06) 63720
3. K. Koto, T. Tsukada, S. Ogawa and Y. Kakinuma, Performance Evaluation of Robot Polishing in Macro-Micro System Based Polishing Robot, Manufacturing Science and Engineering Conference, (MSEC2021), Cincinnati, USA (2021-06) 63721

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

(http://ams.sd.keio.ac.jp/app-def/S-102/KKlab_hp/machine_learning/)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 慶應義塾大学理工学部(ケイオウギジユクダイガクリコウガクブ)

住 所： 〒223-8522

神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1

担 当 者： 教授 柿沼康弘(カキヌマヤスヒロ)

担 当 部 署： システムデザイン工学科(システムデザインコウガクカ)

E - m a i l: kakinuma@sd.keio.ac.jp

U R L: http://ams.sd.keio.ac.jp/app-def/S-102/KKlab_hp/